

Die traumatische Achillessehnenruptur unter der Berücksichtigung der histologischen Morphologie

Michael Sebastian Krammel

1977

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Georg Heberer

Die traumatische Achillessehnenruptur unter der
Berücksichtigung der histologischen Morphologie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von

Michael Sebastian Krammel

aus

Freising

Jahr

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

Berichterstatter: Privatdozent Dr. med. Klaus Wilhelm

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Georg Heberer

Dekan: Prof. Dr. med. Wolfgang Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 22. 12. 1977



Meinen Eltern gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsübersicht:

1. Einleitung

- 1.1. Geschichtliches
- 1.2. Definition der Begriffe Trauma und Degeneration
- 1.3. Ziel der Arbeit

2. Anatomie

- 2.1. Makroskopisch
- 2.2. Mikroskopisch
 - 2.2.1. Kollagen
 - 2.2.2. Grundsubstanzen

3. Methodik

- 3.1. Untersuchungsmaterial
 - 3.1.1. Fragebogen für Krankenblätter
 - 3.1.2. Fragebogen für Patienten
- 3.2. Histologie

4. Ergebnisse

- 4.1. Prozentuale Auswertung der Fälle nach
 - 4.1.1. Alter und Geschlecht
 - 4.1.2. Operationstermin
 - 4.1.3. Sportliche Betätigung
 - 4.1.4. Behandlung vor dem Unfall
- 4.2. Histologische Kriterien
- 4.3. Vergleichende Tabellen
 - 4.3.1. Ergebnisse der Histologie
 - 4.3.2. Verteilung nach der Zeitspanne zwischen Unfalltag und Operation
 - 4.3.3. Verteilung nach der Art der Unfälle
 - 4.3.4. Verteilung nach der Art der sportlichen Betätigung
 - 4.3.5. Verteilung nach dem Gewicht
 - 4.3.6. Verteilung nach der Größe
 - 4.3.7. Verteilung nach der Entfernung der Rißstelle vom calcaneus

4.3.8. Unfallursachen

4.3.9. Verteilung nach Sprintbewegungen oder
Sturz bei fixierter Ferse

4.3.10. Tabelle mit Einzelbeispielen

4.3.11. Photographische Darstellung von Trauma
und Degeneration

5. Diskussion

6. Zusammenfassung

7. Literaturnachweis

Einleitung

In den Zeiten der griechischen Mythologie war die Ferse und besonders die Gastrocnemiussehne das Sinnbild einer schwachen und verwundbaren Stelle.

In der Medizin dauerte es jedoch lange, bis man auf die Verletzungen an der Achillessehne aufmerksam wurde.

Das erste Mal wurde eine Achillessehnenruptur im Jahre 1575 von Ambroise Paré in Paris beschrieben. Die Berichte über Achillessehnenrupturen nahmen in der Folgezeit zu.

Quénu und Stoianovitch fanden im Jahre 1929 66 Achillessehnenrupturen in der gesamten Weltliteratur.

In einer Sammelstudie berichten Anzel und Mitarbeiter an der Mayo-Clinic von 1014 Muskel- und Sehnenrissen in den Jahren 1945 - 1954. Es befanden sich nur 22 Achillessehnenrupturen darunter. Umgerechnet auf ein Jahr entspricht das etwa 2 Achillessehnenrupturen bei 144 857 Patienten.

Ereigneten sich damals nicht mehr Unfälle, die eine Achillessehnenruptur zur Folge hatten, oder wurden diese nicht als solche erkannt? Man darf heute mit Sicherheit annehmen, daß es in dieser Zeit solche Verletzungen gegeben hat.

Gegenwärtig wird täglich in den Zeitungen über Achillessehnenrupturen mehr oder weniger berühmter Sportler berichtet. Aber nicht nur Spitzensportler erleiden Verletzungen an der Achillessehne, sondern auch Menschen, die Sport nur als Hobby betreiben.

Was ist schuld an dieser sprunghaften Zunahme in unserer modernen Zeit?

Diese Frage stellen sich immer mehr Mediziner. Der am häufigsten genannte Grund ist wohl die immense Verbreitung des Sportes, wie auch die extremen Anforderungen im Leistungssport.

Obwohl man sich über die erhöhte Belastung als Grund für die Zunahme der Achillessehnenrupturen ziemlich einig ist, herrschen über die Genese einer Achillessehnenruptur noch verschiedene Meinungen. Die meisten Autoren behaupten, daß eine gesunde Achillessehne nicht reißen könne. Sie schließen also aus, daß bei einem Unfall derartige Kräfte auftreten können, die eine gesunde Achillessehne reißen lassen. Ein Riß könne also nur dann auftreten, wenn die Sehne vorher schon in ihrer anatomischen und biochemischen Struktur verändert ist.

Die bisherigen experimentellen Untersuchungen ergaben eine Höchstbelastbarkeit der Achillessehne von 250 kp (ALBRECHT) bis 400 kp (KARASEV, STUCKE, WILLE). STUCKE gibt eine maximale Reißfestigkeit von 4.67 kp/mm^2 an. GRAFE und FRANK dagegen konnten bei Turnern und Skiläufern berechnen, daß Belastungen von über 500 kp ohne Riß toleriert wurden.

Bei den Reißfestigkeitsprüfungen im Experiment (STUCKE, ALBRECHT) wurden sogenannte "Sollreißstellen" im Bereich der Sehnentaille gesetzt, der Riß erfolgte also in jedem Falle an dieser Stelle, ohne daß die Sehne aus der Halterung gezogen wurde.

Bei Versuchsanordnungen anderer Autoren wurde der physiologische Winkel zwischen calcaneus und Sehne unberücksichtigt gelassen, außerdem erfolgte die Belastung der Sehne langsam. Bei den Reißversuchen von WILLE wurde die Sehnenstruktur durch Fixierungsverfahren verändert.

Die in der Literatur angegebenen Reißfestigkeitswerte stützen sich also ausschließlich auf statische Belastungsversuche. Wenn man aber die physiologische Beanspruchung der Achillessehne z.B. beim Springen oder Skifahren betrachtet, erkennt man, daß eine statische Belastung der Achillessehne fast nie auftritt. Die Beanspruchung der Sehne erfolgt nur kurzzeitig, d.h. dynamisch.

Die Diskrepanz zwischen den Reißfestigkeitswerten der bisher durchgeführten Versuche und den nach mathematischen Berechnungen zu erwartenden Werten, war der Anlaß zu neueren, aufwendigeren Untersuchungen.

Bei den Belastungsversuchen von WILHELM, dessen Versuchsanordnungen den physiologischen Bewegungsabläufen weitgehend angeglichen wurden, ergaben sich folgende Werte:

Die durchschnittliche, maximale Reißfestigkeit im statischen Versuch beträgt ohne Berücksichtigung des Geschlechtes 437,0 kp, im dynamischen Versuch 623,7 kp. Die Reißfestigkeit im Bezug zum geringsten Querschnitt beträgt im statischen Versuch $7,5 \text{ kp/mm}^2$, dynamisch $10,1 \text{ kp/mm}^2$.

WILHELM konnte außerdem zeigen, daß die Maximalkraft vor dem 20. Lebensjahr unter der nächsten Altersdekade zu liegen kommt, in der die Belastbarkeit am höchsten ist. Dann nimmt sie langsam von Jahrzehnt zu Jahrzehnt wieder ab. Bei dieser Angabe wurden die maximalen Belastungswerte von allen statischen und dynamischen Belastbarkeitsprüfungen bis zum Reiß in freier Sehnenlänge ohne Berücksichtigung des Geschlechts zusammengefaßt.

Parallel zu den experimentellen Untersuchungen, wurde anhand eines Rechenmodells gezeigt, daß in besonders gelagerten, sehr ungünstigen

Fällen, etwa bei Frontalstürzen im Skilauf, wobei sich die Bindungen nicht öffnen, die Belastung weit höher sein kann, als bisher angenommen. (WILHELM, GRAPE)

Die Zielsetzung vorliegender Arbeit ist es, festzustellen, inwieweit eine traumatische Genese einer Achillessehnenruptur, ohne degenerative Vorschädigung der Sehne möglich ist.

Dazu bedarf es jedoch erst einmal der Definition der Begriffe "traumatische Achillessehnenruptur" und "degenerativ bedingte Achillessehnenruptur":

Das griechische Wort Trauma bedeutet laut PSCHYREMBEL: "Gewalteinwirkung". Unter "traumatischer Achillessehnenruptur" verstehen wir also eine durch Gewalteinwirkung bedingte Achillessehnenruptur. Hierbei ist noch das direkte Trauma, das durch Hieb- oder Schlag-einwirkung hervorgegangen ist, vom indirekten Trauma, das durch bloße Überlastung entsteht, abzugrenzen. (Schönbauer)

Im Gegensatz dazu verstehen wir unter degenerativ bedingter Ruptur eine Ruptur, die durch Veränderung auf Grund pathologischer Stoffwechselvorgänge und nicht durch übermäßige Gewalteinwirkung entstanden ist.

Von den Möglichkeiten zur Unterscheidung, ob Trauma oder Degeneration vorliegt, erweist sich die histologische Untersuchung des bei der Operation entnommenen Gewebes zum heutigen Stand der Wissenschaft als immer noch am erfolgversprechendsten. Nicht bei jeder Operation wurde jedoch Gewebe für die histologische Auswertung entnommen. Auf diese Weise ist die relativ kleine Anzahl von Fällen, die berücksichtigt werden konnte, zu erklären.

Für die Beurteilung der Fälle ist aber nicht nur die

Histologie entscheidend, sondern auch die Einbeziehung der Anamnese, besonders die genaue Beschreibung des Unfallherganges und die körperliche Verfassung des Patienten. Aus diesen beiden Schwerpunkten, Histologie und Anamnese bestehen die Untersuchungen vorliegender Arbeit.

Anatomie

Die Achillessehne liegt im dorsalen Drittel des Unterschenkels. Beim Erwachsenen ist sie 6 - 10 cm lang und geht nach proximal mit einem breiten Sehnen Spiegel in den m. triceps surae über, der sich aus den beiden Köpfen des m. gastrocnemius und dem m. soleus zusammensetzt. Nach distal verjüngt sich die Sehne etwa 3 - 5 cm oberhalb ihrer Insertionsstelle am calcaneus zu einer Sehnentaille.

Durch die Hebelwirkung des tuber calcanei wird die Sehne bei Plantarflexion der tibia genähert, bei Dorsalflexion entfernt sie sich von ihr. An diesem Weg ist auch die Achillessehne mit ihrem Ansatz beteiligt. Da der Muskel- und Sehnenverlauf einen linearen Kraftfluß in einer Zugrichtung nicht zuläßt, muß die Sehne als Bindeglied zwischen Muskel und Knochen einen bogenförmigen Verlauf nehmen. Am calcaneus strahlen ihre Fasern senkrecht in den Knochen ein. Bei Dorsal- und Plantarflexion ändert sich aber der Einstrahlungswinkel. Wird die Sehne belastet, rollt sie sich wie von einer Spule ab. MOLLIER und ALTMANN bezeichnen dies als einen Schutzmechanismus gegen schädliche Winkel. Nach Schneider sind Sehnen, die eine große Muskelkraft auf den Knochen zu übertragen haben, nicht im Periost verankert, sondern im Knochen selbst eingemauert. Sie dringen als Sharpey'sche Fasern in den Knochen ein. Nach LAUX entspricht die Lage der Knochentrabekel der Richtung der an sie gehefteten Sehnen. Die Sehne wird sowohl in die sich vergrößernde knorpelige Matriz, wie auch in das Knochengewebe eingebaut. Die knorpelige Matriz wird jedoch aus funktionellen Gründen nicht völlig zu Knochen ausgebaut, sondern

bleibt im knochenfernen Anteil im Entwicklungsstadium stecken. Damit durchlaufen die Sehnenfasern eine starre Knochenschicht, eine "halbstarre" verkalkte Knorpelschicht und eine "hochelastische" Schicht, die unverkalkt ist. Dies stellt ein gutes Abwehrsystem gegen Scherwirkungen dar.

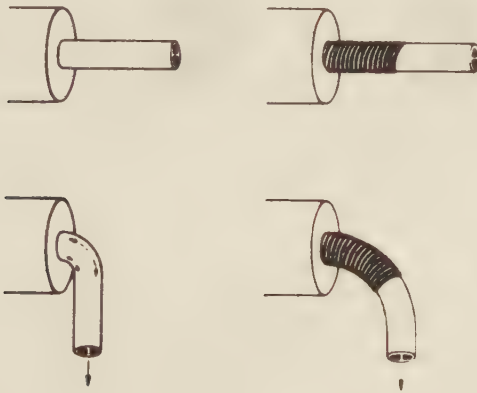


Abb. 1 Schematische Darstellung der Abwehr von Scherwirkungen durch eine Metallschraubenfeder im Abgangsschnitt eines Metallkabels.

(Nach H. Schneider, Z. Anat.Entw.Gesch. 119
(1956) 448)

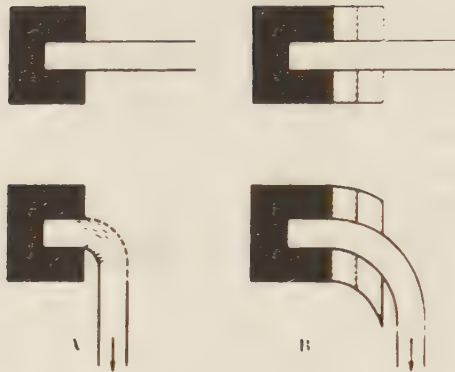


Abb. 2 Schematische Abdämpfung von Schubspannungen in epiphysär errichteten Sehnenansatzzonen.

Schwarze Fläche = Knochen; gestreifte Fläche = verkalkte Knorpelzone; punktierte Fläche = un-
verkalkte Knorpelzone

- A. Einmauerung einer Sehne in den Knochen ohne Vorschaltung einer Knorpelzone. Bei jedem Muskelzug, bei dem die Zugrichtung von der Richtung der Einfügenskanäle der Sehnenfasern im Knochen abweicht, erfolgt eine Abknickung der Sehne vor ihrem Eintritt in das Knochen-
gewebe. Die dadurch an der Konvexität der Sehnen-
knickung ausgelösten Zugspannungen haben ein Abreißen der hier verlaufenden Sehnenfasern zur Folge, die im Bereich der Konkavität auftreten -
den Druckspannungen eine schädliche Stauchung

des hier liegenden Sehnengewebes.

- B. Sehnenverankerung in einer epiphysär errichteten Knochenrauhigkeit. Durch die Vorschaltung einer verkalkten und unverkalkten Knorpelzone vor den Knochen wird die Abknickung der Sehne bei gleicher Zugrichtung wie in A) soweit gemildert, daß dabei keine übermäßigen Schubspannungen auftreten. Man beachte die dabei auftretende Formveränderung der Knorpelzonen! Die Gestalt der verkalkten Knorpelschicht wird nur wenig, die der unverkalkten jedoch stark verändert.

(Nach Schneider, Z.Anat.Entw.Gesch. 119
(1956) S. 448)

Die Achillessehne ist scheidenlos, hat aber ein vielschichtiges Gleitgewebe (Paratendineum) welches zwischen den beiden Fasciablättern der fascia cruris superficialis und profunda eingeschlossen ist. Dieses fehlt ventral. Bis zu sieben Bindegewebshäutchen folgen bei Beanspruchung der Achillessehne nacheinander, jede Schicht bewegt sich nur ein kurzes Stück, dann folgt die nächste (Lang) . Dieser Mechanismus gewährleistet eine gute Durchblutung und setzt die Reibung herab. Zur Abpolsterung zwischen Achillessehne und calcaneus befindet sich eine bursa subachillea. Zwischen Haut und Sehne liegt die bursa achillea subcutanea. Nach ventral wird die Achillessehne durch einen Fettkörper gegen die tiefen Beuger abgestützt.

Die Gefäßversorgung der Achillessehne erfolgt proximal durch den ramus recurrens der arteria tibialis posterior vom Muskelbauch her, mit längs verlaufenden Gefäßen, distal dagegen vom rete arteriosum calcaneare mit quer verlaufender Richtung der Gefäße (ARNETH). In diesem

Bereich fehlen also die Reservelängen der Gefäße (WILHELM). Im Bereich der "Sehnentaille" ist die Sehne am geringsten vaskularisiert.

Feinstruktur

Die Sehnenfasern sind in grobe Bündel zusammengefaßt. (MOLLIER). Die Verteilung der Bündel im Querschnitt ist fast gleichmäßig. Zwischen den größeren Bündeln treten feinere Sehnenfasern unter einem spitzen Winkel über. Diese Verzweigungen führen zu einer netzartigen Strukturierung. Auch das Sehnenzwischengewebe zeigt Netzstruktur, außerdem finden sich in diesem Bereich zahlreiche elastische Fasern. Sie bedingen die Elastizität der Sehnen, was besonders bei ruckartigen Beanspruchungen von Bedeutung ist. Nach Nauck beruht die Dehnbarkeit der Sehne auf der Wellung der Sehnenfasern, welche durch elastische Fasern bedingt ist. Die Bedeutung der Wellung besteht darin, daß der Muskel durch ein federndes Gewebe mit dem Skelett verbunden ist. Im Gegensatz zur Kollagenfibrille liegen über die Feinstruktur der elastischen Fasern wenige Arbeiten vor. Nach BAHR mißt die Elastinfibrille im Durchschnitt $350 \text{ \AA}$. Die Fibrillen werden zu Strängen von $800 - 1200 \text{ \AA}$ zusammengefaßt und verflochten. Sie sind außerdem mit Kittsubstanz verbacken und zeigen keine Querstreifung.

Kollagen

Das Kollagen ist aus Proteinen aufgebaut, deren Grundelement die Polypeptidkette ist. Diese wiederum ist aus Aminosäuren zusammengesetzt, die durch Peptidbindungen miteinander verknüpft sind. Die Aufeinanderfolge der Aminosäuren, die Aminosäuresequenz, wird als Primärstruktur bezeichnet. Die Aneinanderreihung von Peptidketten bezeichnet man als Sekundärstruktur und die räumliche Anordnung mehrerer Helixketten als Tertiärstruktur. Die fertige Kollagenfibrille besitzt eine Quarternärstruktur.

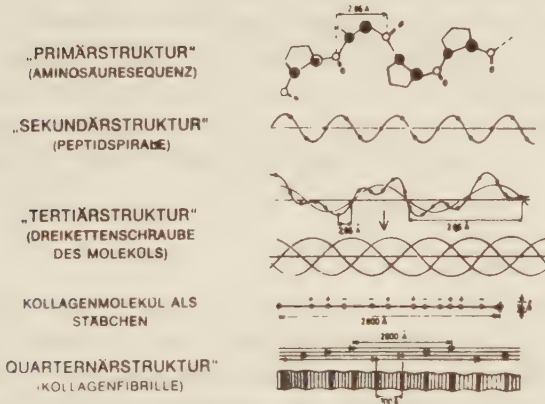


Abb. 3 Übersicht über die verschiedenen Strukturen des Kollagens in Anlehnung an J. Gross (Sci.Amer. 1961, 5, S. 121)

Grundsubstanzen:

(Ungeformte zwischenzellige Substanz, Kittsubstanz)

Die Grundsubstanzen dienen dem Stoffaustausch, wirken bei der Bildung von Bindegewebsfasern mit, haben mechanische Aufgaben, können Wasser binden.

Sie bestehen hauptsächlich aus:

1. interstitieller Flüssigkeit
2. Mukopolysacchariden

1. Die Interstitielle Flüssigkeit enthält Plasmaproteine Elektrolyte, Hormone u.a.

2. Die Mukopolysaccharide sind größtenteils an Proteine gebunden. Sie spielen eine große Rolle als Schleimsubstanzen (Synovia) und Gerüstsubstanzen.

Im Bindegewebe führen sie zur lokalen Substratkonzentration und dienen dem Stofftransport. Für MPS (Mukopolysaccharide) charakteristisch sind Aminozucker und Uronsäure. Sie können sulfatiert vorkommen (sauer) und werden mit Hilfe der PAS - Reaktion durch Oxydation der freigesetzten Aldehydgruppen von Zucker nachgewiesen. Sie geben mit dem Schiff'schen Reagens eine Rotfärbung.

Bildung der MPS:

Die amorphen Grundsubstanzen werden von Fibroblasten erzeugt. Sie entstehen im Zusammenhang mit dem glykolytischen Stoffwechsel der Bindegewebszellen. In Geweben mit geringer Sauerstoffversorgung treten Grundsubstanzen vermehrt auf. Desoxycorticosteron vergrößert ihre Produktion, Cortison vermindert sie durch Hemmung der Fibroblastenbildung. Der Polymerisationsgrad der MPS bestimmt Geschwindigkeit und Größe des Stofftransports, was sich sowohl bei der Fibrillenbildung als auch beim Stoffwechsel auswirkt. Mit zunehmender

Differenzierung der Kollagenstrukturen nimmt die Grunds substanz ab. Altersunterschiede in der Beschaffenheit der Bindegewebe wurden auf eine Änderung des MPS - musters in den Organen zurückgeführt (LEONHARDT).

Methodik

Untersuchungsmaterial:

Aus dem Krankengut der Chirurgischen Klinik der Universität München kamen aus dem Zeitraum 1960 - 1975 92 Achillessehnenrupturen zur Untersuchung.

Aus den Krankenblättern wurden für jeden Patienten folgende Angaben in einen Fragebogen übertragen:

Persönliche Angaben wie

- Name
- Alter
- Zeitpunkt des Unfalls
- Zeitpunkt der Operation
- Operationsbericht
- Ergebnis der Histologie

Für die Beantwortung durch den Patienten wurde ein Fragebogen versandt, mit den Angaben über

- Größe
- Gewicht
- Sportliche Betätigung vor dem Unfall
- Art der sportlichen Betätigung
- Art des Trainings
- Anzahl der Trainingsstunden pro Woche
- Behandlung der Achillessehne vor dem Unfall
- Schilderung des Unfallherganges

Die Zahl der Fragebögen, die nach Auswertung der Krankenblätter verschickt wurden, belief sich auf 78, von denen 44 beantwortet zurückgeschickt wurden.

Histologie

Aus der Thematik der Arbeit geht hervor, daß nur solche Fälle zur Untersuchung berücksichtigt werden konnten, bei denen nachweislich Gewebsstücke zur histologischen Untersuchung entnommen wurden. Diese Voraussetzung erfüllten insgesamt 50 Patienten. Die Anzahl der Patienten, sowohl mit beantworteten Fragebögen, als auch mit untersuchter Histologie reduzierte sich schließlich auf 30. Obwohl die Ergebnisse der histologischen Untersuchungen schon in den Krankenblättern verzeichnet waren, wurden die Histologiepräparate aus dem Archiv des Pathologischen Institutes der Universität München, Herrn Professor Dr. Meister nochmals zur Begutachtung vorgelegt.

Es wurden folgende Färbungen angewandt:

- 1) HE: Hämatoxylin - Eosin
- 2) van Gieson: Eisen - Hämatoxylin, Pikrinsäure, Säurefuchsin

	Kerne	Zyto- plasma	Retikulin- fasern	Kollagen- fasern	Elast. Fasern	Inter- zellulär- substanz
HE	blau	blaßrot	blaßrot	rot	blaß- rosa	blaßblau bis violett
van Gieson	schwarz- braun	gelb- braun	blaßrot	rot	blaßgelb	rot und gelb

3) PAS: (Perjodic-Acid-Schiff-Reaction)

Perjodsäure, fuchsinschwefelige Säure
färbt MPS

4) Alcianblau: Alcianblaufarbstoff

färbt Muzine

5) Eisen - Hämatoxylin: Ferriammoniumsulfat-Lösung

Hämatoxylin-Lösung

färbt Kerne schwarz und Zyto-
plasma hellgrau

(PSCHYREMBEL, LEONHARDT)

Ergebnisse der Untersuchungen:

Bei allen Angaben mit Histologie wurden die direkten Traumata wie Hieb oder Tritt unberücksichtigt gelassen.

1. Statistische Auswertung der Fälle

Alter und Geschlecht

Geschlecht	♂	♀
Anteil in %	73,5 %	26,5 %

Abb. 4

Wie aus Abb. 4 hervorgeht, waren 73,5% der Patienten männlichen und 26,5% weiblichen Geschlechts.

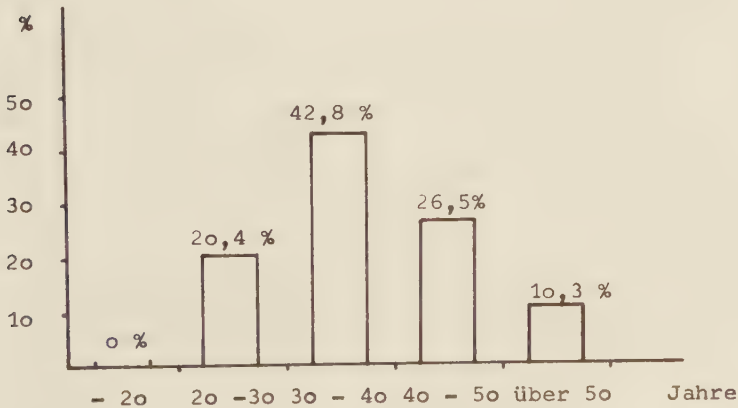


Abb. 5

In der Altersverteilung ergab sich nach Abb. 5, daß kein Patient jünger als 20 Jahre war. Den größten Anteil

an Achillessehnenrupturen hat die Alterskategorie von 30 - 40 Jahren mit 42,8 %. Es folgt die Gruppe von 40 - 50 Jahren mit 26,5 %. Die Jüngeren Patienten von 20 - 30 Jahren beteiligten sich mit 20,4 % und 10,3 % waren über 50 Jahre alt.

	♂ und ♀	♀	♂
Durchschnittsalter	40,3 J	40,7 J	39,3 J

Abb. 6

Das Durchschnittsalter der Patienten beträgt 40,3 Jahre. Das Alter der weiblichen Patienten beträgt durchschnittlich 40,7 Jahre. Die männlichen Patienten sind durchschnittlich 39,3 Jahre alt.

♀	♀	♂	♂
Älteste Patientin	jüngste Patientin	Ältester Patient	jüngster Patient
59 J	29 J	64 J	23 J

Abb. 7

Die älteste Patientin ist 59 Jahre, die jüngste 29 Jahre alt. Der älteste Patient ist 64 Jahre, der jüngste 23 Jahre alt.

Operationstermin

- 3 Tage	3 - 8 Tage	über 8 Tage
47,6 %	30,9 %	21,5 %

Abb. 8

Die Operation erfolgte in 47,6 % der Fälle bis zu 3 Tagen nach dem Unfall, in 30,9 % der Fälle dauerte es bis zu 8 Tagen und in 21,5 % der Fälle dauerte es länger als 8 Tage

Art der sportlichen Betätigung

aktive Sportler	Leistungssportler	Untrainierte
62,7 %	11,6 %	25,7 %

Abb. 9

Von den Patienten mit Fragebogen, ohne Berücksichtigung der Histologie waren nach eigenen Angaben 62,7 % aktive Sportler, 11,6 % Leistungssportler und 25,7 % Untrainierte. Von den aktiven Sportlern (62,7 %) gaben 16,2 % Skilaufen als ihre sportliche Betätigung an (unregelmäßig), 46,5 % trieben das ganze Jahr über Sport.

Schmerzen und Behandlung vor dem Unfall

Drei der befragten Patienten gaben an, vor dem Unfall Schmerzen in der Achillessehne verspürt zu haben. Alle drei wurden mit Injektionen behandelt, konnten jedoch die angewandten Medikamente nicht angeben.

Bei einem dieser Patienten war ein echtes Trauma nachzuweisen, bei einem eine Degeneration und beim dritten konnte nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden, ob dem Unfall eine Degeneration zugrundelag, oder ob das Trauma alleiniger Auslöser der Ruptur war.

2. Einteilung der Histologie

Die Ergebnisse der histologischen Untersuchung wurden in vier Gruppen eingeteilt:

1. Degeneration
2. Degeneration möglich
3. Trauma möglich
4. Trauma

3. Vergleichende Tabellen

Ergebnis der Histologie

In Abb. 10 werden die Ergebnisse vergleichend nebeneinander gestellt. In 7,9 % der Fälle lag eine Degeneration vor (1), 21 % waren möglicherweise degeneriert (2), bei 36,8 % war ein Trauma möglich (3) und in 34,3 % der Fälle konnten keine degenerativen Anzeichen gefunden werden(4).



Abb. 10 Vergleichende Darstellung der Ergebnisse der histologischen Untersuchung

Operationstermin

In Abb. 11 fällt auf, daß die Zahl der unbestimmbaren Fälle über 3 Tage nach dem Operationstermin gegenüber den gesicherten Aussagen sehr stark ansteigt und weit übertrifft.

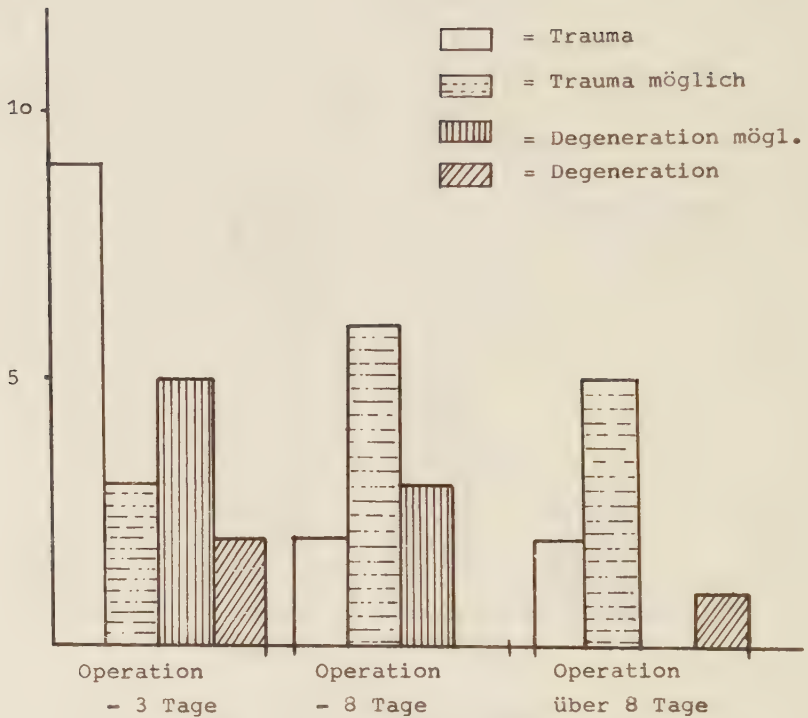


Abb. 11 Verteilung nach Zeitspanne zwischen Unfalltag und Operation

In den folgenden Grafiken fallen die unbestimmbaren Fälle weg, da nur die Gegenüberstellung von Trauma und Degeneration von Bedeutung ist. Folglich wird die Anzahl der Fälle stark reduziert und der statistische Aussagewert sinkt dadurch.

Unfälle

In Abb. 12 erscheinen bei den Skiunfällen gleich viele Degenerationen wie Traumata.

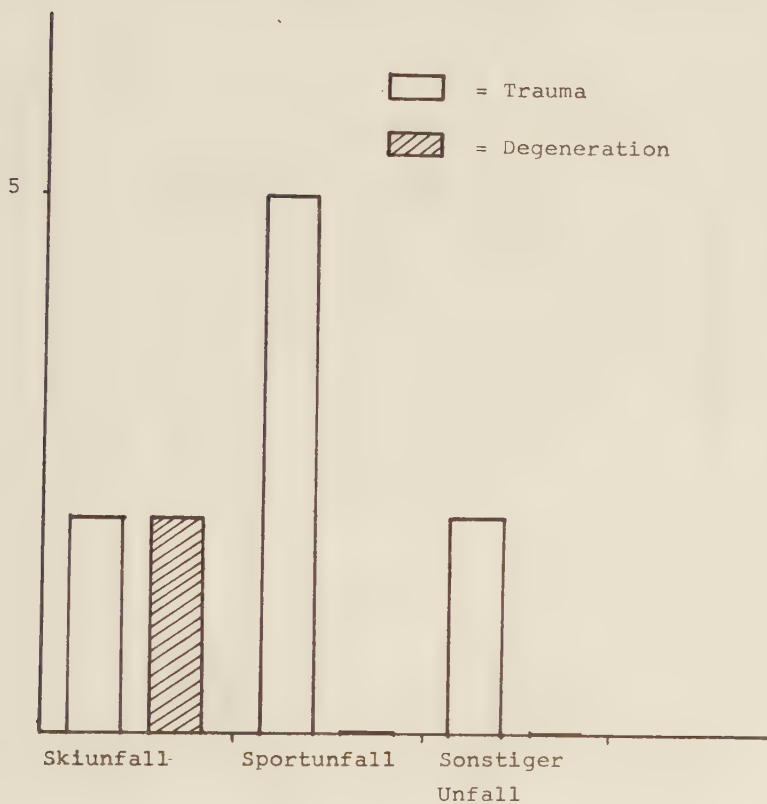


Abb. 12 Verteilung nach der Art der Unfälle

Sportliche Betätigung

Bei der Verteilung nach der Art der sportlichen Betätigung in Abb. 13 fällt auf, daß die trainierten Patienten an den traumatischen Verletzungen stärker beteiligt sind als die Untrainierten.

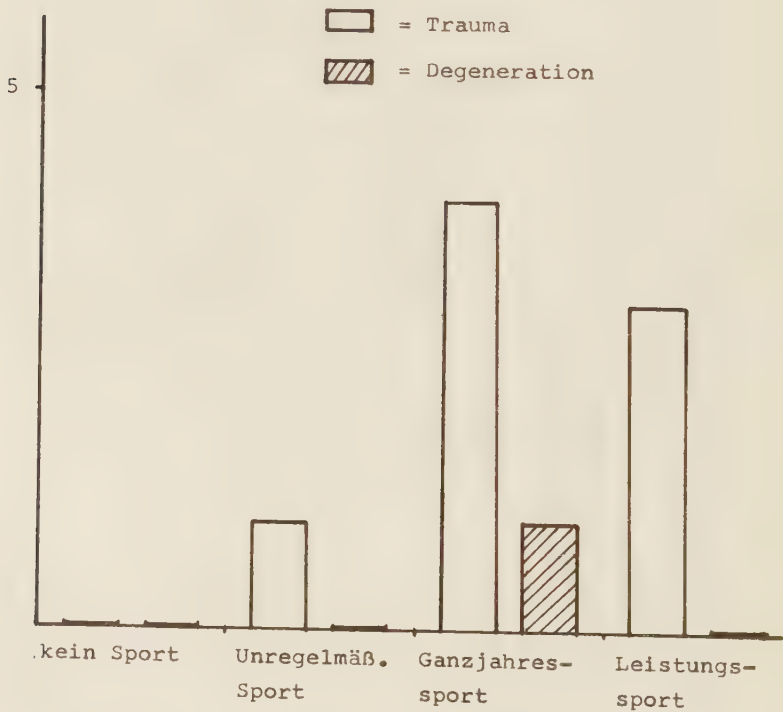


Abb. 13 Verteilung nach der Art der sportlichen Betätigung

Gewicht und Größe

Bei der Einteilung der Patienten in Gewichtsklassen in Abb. 14 beteiligt sich die leichtere Klasse von 60 - 70 kg am stärksten an den traumatischen Rupturen. Die Verteilung nach Größenklassen in Abb. 15 bringt ein leichtes Übergewicht der mittelgroßen Patienten.

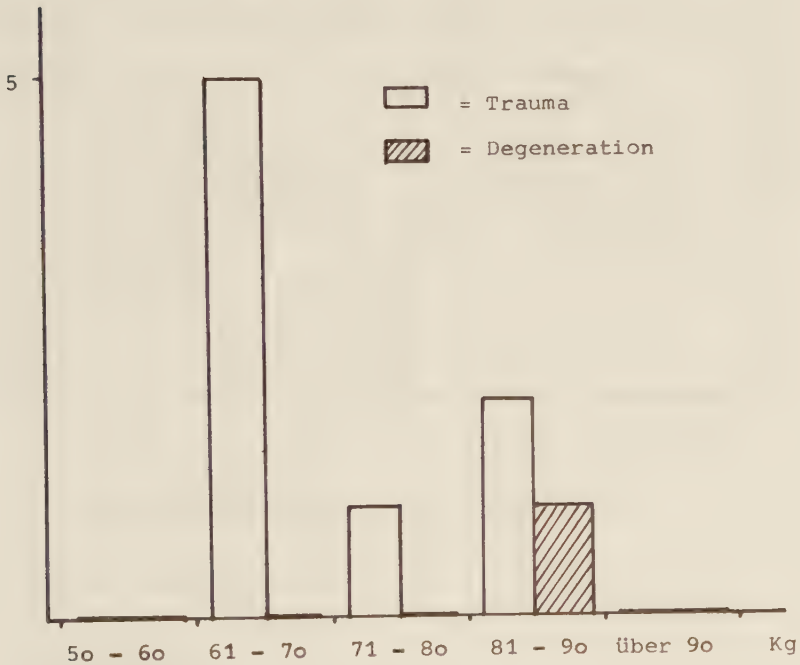


Abb. 14 Verteilung nach dem Gewicht

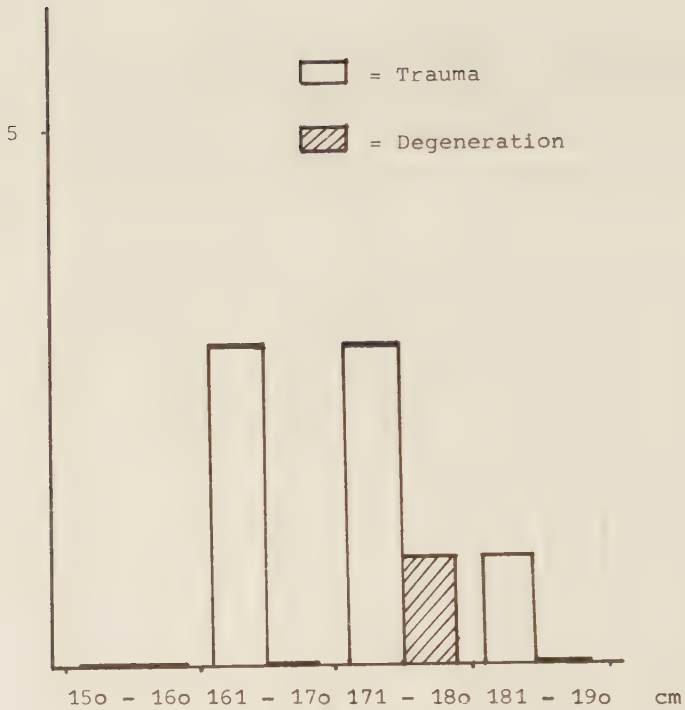


Abb. 15 Verteilung nach der Größe der Patienten

Rißstelle

In Abb. 16 bei der Verteilung nach der Entfernung der Rißstelle vom calcaneus wurde die Histologie nicht berücksichtigt. Die häufigsten Rißstellen liegen zwischen 3 und 5 cm. Mit der Größe der Patienten steigt auch die Entfernung der Rißstelle vom calcaneus an.

	männlich	weiblich	150-160	161-170	171-180	181-190
1 cm	1					
2 cm	3				1	1
3 cm	7	4		4	2	
4 cm	6	3		1	3	
5 cm	5				1	2
6 cm	1				1	
7 cm	1	1		1		

Abb. 16 Verteilung nach der Entfernung der Rißstelle vom calcaneus

Unfallursachen

Aus den Fragebögen ließen sich die in Abb. 17 dargestellten Unfallursachen ersehen, wobei Skilauf, Fußball und Gymnastik dominierten.

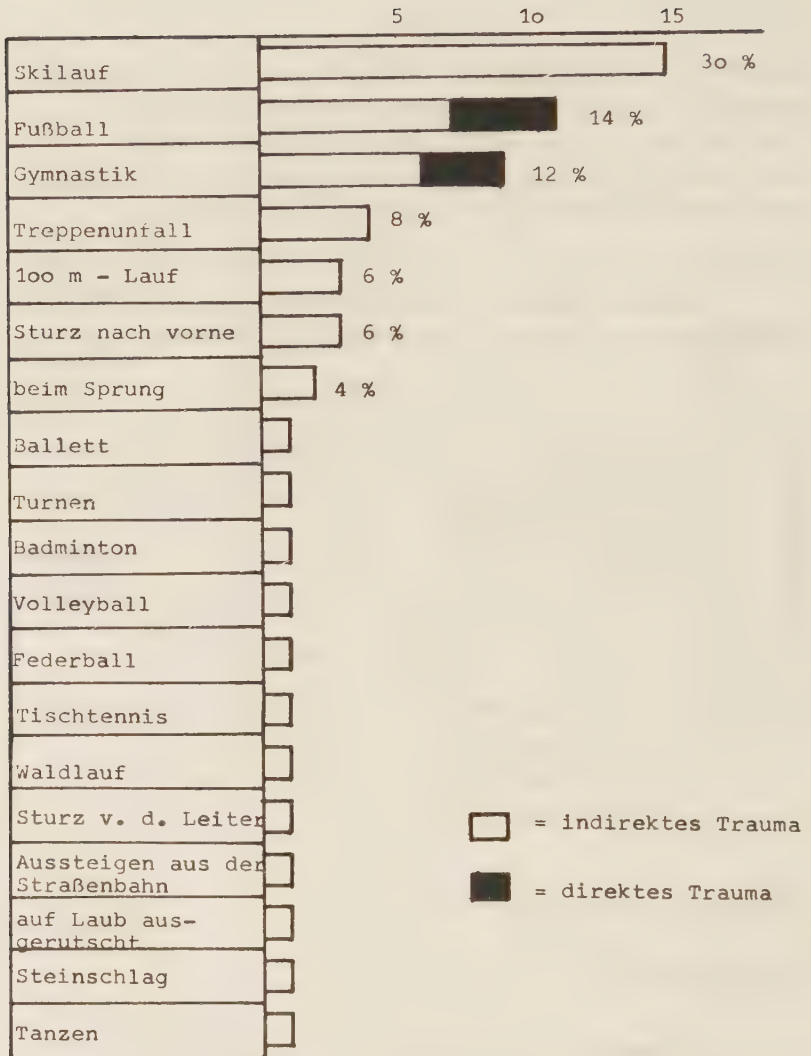


Abb. 17 Unfallursachen

Sprintbewegungen oder Sturz mit fixierter Ferse

Aus den Schilderungen des Unfallherganges konnte man entnehmen, daß 38 % der Rupturen sich beim Sturz nach vorne ereigneten und 44 % bei Spring- oder Sprungbewegungen.

		1)	2)	3)	4)
Sturz nach vorne bei fixierter Ferse	19 = 38%	1	4	1	2
Sprung oder Sprint	22 = 44%		2	7	5

Abb. 18

Beispiele von Patienten

In Abb. 19 sind die Patienten aufgeführt, bei deren Histologie keinerlei Degenerationszeichen gefunden werden konnten und aus deren Anamnese ein Unfallhergang, der für ein echtes Trauma spricht, ersichtlich ist. Die kurze Zeitspanne zwischen Unfall und Operation (mit einer Ausnahme), läßt eine sichere Deutung der Histologie zu.

In keinem Fall war ein Patient völlig untrainiert und nur einmal wurde mit Injektionen vorbehandelt. Die Rißstelle lag, soweit sie im Operationsbericht angegeben wurde, in jedem Fall im Bereich der Sehnentaille.

Der Skilauf war zweimal die Unfallursache, bei beiden Frontalstürzen öffneten sich die Bindungen nicht. Ein Patient zog sich eine beidseitige Achillessehnenruptur zu. Viermal ereignete sich die Ruptur beim Auf- oder Absprung am Boden, einmal beim Abbremsen aus vollem Lauf und je einmal beim Ausrutschen auf nassem Laub und Sturz von der Leiter.

Name	D.A.	F.P.	F.H.	K.B.	N.J.	O.H.	O.R.	S.A.	V.M.
Alter	38	42	28	26	36	29	59	50	41
Gewicht	64	70		63	72	87	65		72
Größe	170	179		177	170	181	169		172
Sportliche Betätigung	unregelm. Fußball	wöchentl. Reiten, Tennis, Ski	Ballett-tänzer am Nationaltheater	Badminton Leistungssport	Gymnastik wöchentl 4 std.	Fußball wöchentl. 4 std.	Gymnastik wöchentl. einmal		Leichtathl. wöchentl. 10 std.
Behandlung						2 Injekt. in re. AS			
Id. Sehne vor Unfall	nein	nein		nein	nein		nein		nein
Zeitspanne Unfall-Op	3 Tage	3 Tage	2 Tage	2 Tage	4 Tage	2 Tage	1 Tag	9 Tage	2 Tage
Entferng. Fuß v. calc.	oberes Drittel		3,5 cm			5 cm	3,5 cm	4 cm	
Seite d. AS	rechts	beide	rechts	links		rechts	rechts	links	rechts
Unfall-mechanismus	Sprung dem Ball entgegen	Skilauf, hohe Geschwindigkeit. Bindung nicht aufgegangen	Absprung beim Tanz	beim Absprung beim Badmintonturnier	Skilaufen, Sturz nach vorne, Bindung nicht auf	nach dem Training auf nassem Laub ausgerutscht	Am Anfang der Gymnastik beim Aufsprung	Sturz von der Leiter	100 m - Lauf beim Abbremsen nach dem Ziel

Photographische Darstellung histologischer
Präparate

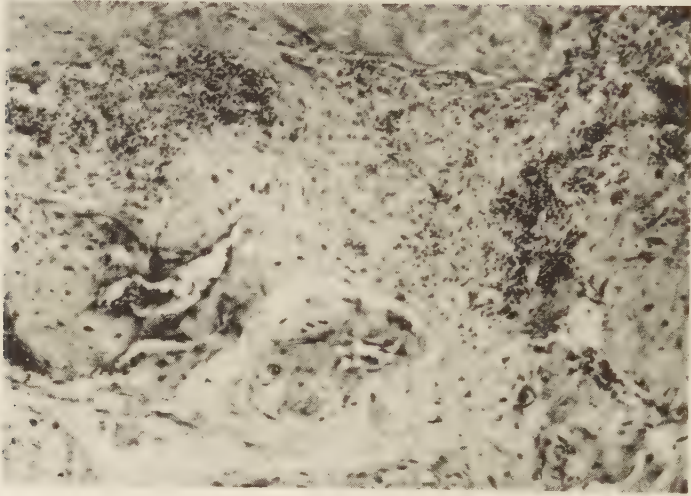


Abb. 20 Vergrößerung 100 x

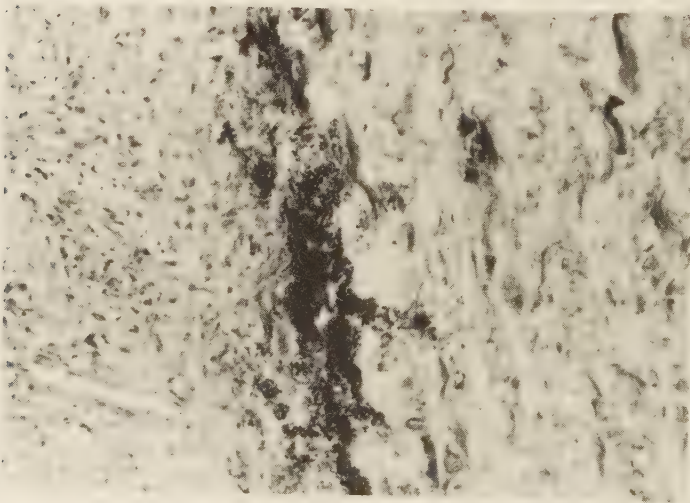


Abb. 21 Vergrößerung 100 x

In Abb. 20 kann man keinerlei Degenerationszeichen erkennen. Sie zeigt das Bild einer typisch traumatischen Ruptur einer Achillessehne.

Am oberen Rand kann man intaktes Sehnengewebe erkennen, darunter eine Blutung. Die hellen Zonen zeigen ab- und eingerissenes Sehnengewebe.

Abb. 21 zeigt das Bild einer typischen Degeneration einer Achillessehne.

In der rechten Bildhälfte erkennt man aufgelockertes, zellarmes Sehnengewebe mit einzelnen kurzen Faserfragmenten, links erkennt man Blutungen und ältere entzündliche Reaktionen mit Granulationsgewebe.

Diskussion

Über die Genese der Achillessehnenruptur bestehen zwei gegensätzliche Meinungen: Einerseits wird die Behauptung aufgestellt, daß Sehnen, die einer Belastung von beliebiger Größenordnung nicht standhalten können, krankhaft verändert sein müssen. Andererseits wird davon ausgegangen, daß auch Extremsituationen entstehen können, bei denen die Belastungen die Reißfestigkeit der Sehne weit übertreffen.

LANG und VIERNSTEIN befürworten die Degenerationstheorie und versuchten dies in einer langen, histologischen Versuchsreihe zu beweisen.

Sie wiesen in sämtlichen Exzidaten Degenerationszeichen nach. In den Kontrollpräparaten ließen sich keine degenerierten Faserbündel erkennen. Die Behauptung anderer Autoren, die nach dem Riß in situ belassene Sehne werde durch die interstitielle Flüssigkeit verändert, widerlegten sie mit Tierversuchen, in denen sie Kaninchensehnen durchtrennten und diese nach 1, 5, und 14 Tagen nach dem Eingriff entnahmen. In diesem Zeitraum wandelte sich die Sehne nicht in ein Gewebe um, wie es an 1 - 2 Tage nach dem Riß entnommenen Exzidaten nachgewiesen werden konnte. Den Grund der Degeneration sehen sie in der Kapillarverödung. Bei jungen, sporttreibenden Menschen ist der Stoffaustausch nicht mehr gewährleistet, die Mukopolysaccharide, ein wichtiger Anteil der interfibrillären Kittsubstanzen werden verändert, gleichzeitig schwinden die Fibrozyten, die am Aufbau und Unterhalt der Faserbündel entscheidend beteiligt sind (LEONHARDT).

Eine andere Theorie besagt, daß die Ursache der Achillessehnenrupturen in multiplen Mikrorissen zu

suchen sei, die zu funktionell minderwertigen Narben führen, bis das somit geschädigte Sehnengewebe der Belastung nicht mehr standhält (BAETZNER, GRAFE, KÖNN). Diese Meinung teilen auch BORSAY und Mitarbeiter, die die täglichen Mehr- und Fehlbelastungen, die zu entzündlichen Vorgängen im Paratenon führen, noch miteinander beiziehen (BOFINGER, SANDFÜHR).

Auch die Möglichkeit wird in Betracht gezogen, daß der Riß als Folge eines Mißverhältnisses zwischen Materialzuwachs (durch Training) und der nachhinkenden Gefäßversorgung oder überhaupt durch das Mißverhältnis zwischen hypertrophierter Muskulatur und Sehne entsteht.

Einen weiteren Aspekt stellen die Ausführungen ROLLHÄUSERS über die "Funktionelle Anpassung der Sehnenfasern im submikroskopischen Bereich" dar:

Bei ausgewachsenen Meerschweinchen wurden die Achillessehnen auf einer Seite entfernt und ihre Doppelbrechung für das betreffende Tier auf Norm gesetzt.

Anschließend kamen die Tiere für verschieden lange Zeit in eine Laufmaschine, wo sie zweimal täglich 5 Minuten bei höchster Schnelligkeit trainiert wurden. Danach wurde die trainierte Achillessehne untersucht. Es zeigte sich, daß die Doppelbrechung nach zweimaligem Training zunächst absinkt, anschließend über die Norm hinaus steil ansteigt und nach 3 Wochen mit einer Erhöhung von 20 % bis zum Ende der Beobachtungszeit konstant bleibt. Der Gang der Doppelbrechung hat folgende Bedeutung:

Auf eine kurzzeitige funktionelle Mehrbelastung reagiert die Achillessehne zunächst mit einer Lockerung der Feinstruktur, was im Absinken der Doppelbrechung deutlich wird. Die Sehne befindet sich somit in einer riß-

gefährdeten Umbauphase. Auf die Praxis umgesetzt, bedeutet diese Tatsache, daß die Reißfestigkeit um 10 % herabgesetzt wird, sodaß die Sehne infolge eines Trainings rupturgefährdet ist.

HIPP gibt an, daß am Anfang der degenerativen Veränderungen chemische Umgestaltungen stehen, Präzipitattbildungen von Proteinen und Polysacchariden, oder eine Verfettung (nicht selten schon im 3. Lebensjahrzehnt), die zur Sklerosierung der Gefäße führt und die Durchblutung dadurch vermindert. Eine normale Sehne reißt laut HIPP praktisch nie.

Als Grund für eine traumatische Genese der Achillessehnenrupturen wird auch der dünnste Querschnitt genannt, der auch als "Sanduhrform" der Achillessehne oder als "Sehnentaille" bezeichnet wird, der sich als Sollreißstelle auswirkt. (PHILADELPHY)

Die typische Reißstelle gesunder Sehnen liegt 2 - 5 cm oberhalb des calcaneus, während degenerierte Sehnen häufig weiter proximal oder distal reißen.

SCHAUWECKER betont, daß man die Sehne nicht isoliert betrachten dürfe, sondern in der Einheit Muskel - Sehne - Knochen, wobei die unelastische Sehne das schwächste Glied sei. Die zerstörende Gewalteinwirkung trifft fast immer plötzlich, überfallartig und unvorbereitet auf die Muskel - Sehnen - Einheit, sodaß die Wucht nicht am elastischen Muskel abgefangen wird, sondern ungebremst auf die unelastische Sehne einwirkt. Die Zeit der Einwirkung der Kraft ist oft kürzer als die Reaktionszeit, besonders bei der untrainierten und ausgekühlten Muskulatur. Durch die oft plötzliche Innervation der Wadenmuskulatur ließen sich sogar Kräfte errechnen, welche weit über der physiologischen

Belastbarkeit der Achillessehne liegen (PHILADELPHY).

Als Belastungsgrenze wurde z.B. von STUCKE 400 kp angegeben. Wenn man die Kraft nach dem physikalischen Gesetz: Kraft = Masse x Beschleunigung errechnet, liegt es auf der Hand, daß die Geschwindigkeit seiner Muskelkontraktion nicht so groß zu sein braucht, wenn ein Patient 75 kg wiegt, um die Grenze von 400 kp zu erreichen. In letzter Zeit wurden jedoch Reißversuche unter statischen und erstmals unter dynamischen Bedingungen unternommen (WILHELM). Hierbei ergaben sich neue Reißwerte: Die durchschnittliche dynamische Reißfestigkeit in kp/mm^2 ohne Berücksichtigung des Geschlechts der Patienten beträgt $10,1 \text{ kp/mm}^2$ gegenüber $4,67 \text{ kp/mm}^2$ von STUCKE.

Auch GRAFE stellt die Theorie der Degeneration als ausschließliche Unfallursache in Zweifel, da diese unter statischen Bedingungen erarbeitet wurde. Außerdem mißt er dem atonischen, von totem Material stammenden Muskel nicht dieselbe Haltbarkeit zu wie dem tonischen, kontrahierten Muskel. Er beschreibt zwei Sprungkombinationen im Bodenturnen, die am häufigsten Achillessehnenrupturen bei Turnern zur Folge haben.

Es sind dies der Handstandüberschlag seitwärts mit $1/4$ - Drehung in den Stand und der Handstandüberschlag rückwärts in den Stand, in ihrem Übergang zum freien Salto rückwärts. Die Ruptur tritt während der Phase des Auf- und Absprunges ein. Als durchschnittliche dynamische Belastung wurde 535 kp errechnet. Im Falle einer unsymmetrischen Landung kann sich dieser Wert im ungünstigsten Falle verdoppeln.

Interessant scheint auch folgende physiologische Überlegung im Zusammenhang mit den untersuchten Bewegungs-

ablaufen zu sein: Die Abstufung der Muskelkraft erfolgt bekanntlich 1) durch die Zahl der kontrahierten Fasern, 2) durch die Impulsfrequenz.

Bei Willkürinnervation können sich niemals alle Muskelfasern gleichzeitig kontrahieren. Je nach Schwellenlage der motorischen Einheiten beginnt die Betätigung in der einen und geht nach Ermüdung auf eine andere über. Die Entladungsfrequenz der Vorderhornzellen erfolgt weiter asynchron, sodaß sie selbst bei höchster Impulszahl der einzelnen motorischen Einheit, durch ihre unterschiedliche Aktivität die Gesamtleistung des Muskels beschränken. Das bedeutet, daß die theoretische Maximalleistung eines Muskels willkürlich nicht erreicht werden kann. Durch die Vielzahl der hemmenden Regelmechanismen ist dies auch bei den Eigenreflexen nicht möglich. Dennoch bringen sie eine Vorraussetzung mit, die für die Sehne nachteilig werden kann, die sogenannte asynchrone Innervation. Diese besagt, daß ein Berühren des Fußes am Boden passiv durch die Schwerkraft des Körpers zu einer Dehnung mit entsprechender Spannungsentwicklung im m. triceps surae führt. Darüber hinaus entsteht eine im Rahmen der aktiven Bremsleistung nötige Spannung durch Willkürinnervation. Schließlich kann sich schon vorher im Verlaufe der vorausgegangenen Bewegungselemente eine posttetanische Potenzierung mit einer Impulsfrequenzerhöhung bis 150 I/sec entwickeln. Hinzu kommt eine zeitlich gerichtete Grundinnervation durch den antizipierten Absprung, der vom gleichen Muskel, nur in entgegengesetzter Richtung geleistet wird. Auch unter der Berücksichtigung der Vielfalt der hemmenden Regelmechanismen kann der im Ansprung, durch plötzliche Dehnung des Muskels ausgelöste Eigen-

reflex genügen, um die Grenze der Sehnenbelastbarkeit zu überschreiten. Dabei kann sich vor allen Dingen die Schnelligkeit der Zuckung verhängnisvoll auf die Achillessehne auswirken. Auch unter den Fällen der vorliegenden Arbeit befindet sich ein 23 - jähriger Turner, der sich bei demselben, oben geschilderten Bewegungsablauf, zwischen Auf- und Absprung zum Salto rückwärts, eine Achillessehnenruptur zuzog. Im histologischen Präparat konnten aber degenerative Anzeichen nicht mit Bestimmtheit ausgeschlossen werden.

WILHELM errechnete in einem eigenen Rechenmodell, daß infolge Dorsalflexion des Fußes bei einem Winkel von 34° ohne Berücksichtigung des Körpergewichtes die maximal zulässige Bremskraft 65 kp betragen darf. Diese Bremskraft reicht aus, um eine Sehne mit einer Belastungsgrenze von 700 kp zu zerreißen. Diese Verhältnisse treten bei Skiläufern auf, die beim Anfahren eines Hindernisses starken Beschleunigungen ausgesetzt sind.

Viele Autoren geben den Sport als Hauptursache der Achillessehnenrupturen an. Auch bei den Untersuchungen am Krankengut trifft das zu, was durch die Tatsache deutlich wird, daß 75 % der Unfallursachen auf sportliche Betätigung zurückzuführen sind. Durch die große Zahl der Skiunfälle, die sich auf 25 % der Gesamtzahl belaufen, wird dieser Faktor noch hervorgehoben.

PHILADELPHY von der Universitätsklinik Innsbruck kann einen wesentlich höheren Prozentsatz an Achillessehnenrupturen, die von Skiunfällen verursacht wurden, anführen, da Innsbruck als Wintersportzentrum ein Auffangbecken für Skiunfälle darstellt, München dagegen schon zu weit von den nächsten Wintersportorten entfernt ist.

In Abb. 17 sind alle Unfallstuationen angegeben, die sich aus den Fragebögen ersehen ließen, dabei stellen die drei Sportarten Skilauf, Fußball und Gymnastik den größten Teil, auch wenn man die direkten Traumata unberücksichtigt läßt.

Bei 38 % der Patienten war der Sturz nach vorne bei fixierter Ferse die Unfallursache, bei 44 % ereignete sich der Riß beim Sprung oder Sprint (Abb. 18).

Verschiedene Autoren vertreten die Auffassung, daß die häufigste Rißstelle der Achillessehne in der Sehnentaille, durchschnittlich etwa 3 cm oberhalb des calcaneus liegt. In Abb. 16 kommt dies auch zum Ausdruck. Fast 40 % der Rupturen liegen etwa 3 cm proximal. Berücksichtigt man noch die Größe der Patienten, so steigen mit der Körpergröße auch die Entfernungen der Rißstellen vom calcaneus. Die Behauptung, daß degenerierte Sehnen oft auch an anderen Stellen, z.B. am Muskelansatz (Ursprung) reißen, läßt sich auf Grund vorliegender Untersuchungen nicht erhärten, die Anzahl der Fälle mit Histologie und Fragebogen, bei deren Operationsbericht auch eine Angabe über die Lage der Rißstelle gemacht wurde ist zu klein, um eine Aussage machen zu können.

Die Auffassungen darüber, bis zu welcher Zeitspanne nach der Ruptur man mit Sicherheit im histologischen Präparat eine Degeneration von einem Trauma abgrenzen kann, gehen ziemlich auseinander. Einerseits stellt sich die Frage, ob sich die Sehne nach einer Ruptur verändert, andererseits versucht man zu klären, ob vor der Ruptur bestehende Veränderungen sich von reparativen Vorgängen abgrenzen lassen.

VIERNSTEIN schreibt, daß auch vier Wochen nach dem Riß noch Degenerationszeichen nachzuweisen sind, gleichwohl werden diese Degenerationszeichen nicht durch die inter-

stitielle Flüssigkeit hervorgerufen, wie er in seinen Tierversuchen nachwies.

TREPTOW gibt an, daß bereits 1 - 3 Tage nach einem Sehnenriß degenerative und reparative Vorgänge einsetzen, die eine sichere Verwertung des histologischen Befundes verhindern.

KÖNN setzt eine Zeitspanne von 4 - 5 Wochen an, in der sich vor dem Riß bestehende, degenerative Veränderungen sicher von den reparativen Vorgängen abgrenzen lassen.

GRAFFENRIED fand bei älteren Rissen Verschleimungszonen in den Excisaten aus dem Rißgebiet. Bei frühoperierten Fällen war neben Blutungen oft auch ein starkes Ödem feststellbar. Er hält eine Differenzierung von vorbestandener Degeneration und posttraumatischer Veränderung häufig nicht für möglich.

MEISTER setzt die Frist der einwandfreien Beurteilung eines Präparates auf eine Woche an, räumt aber individuelle Unterschiede ein.

Zusammenfassung

Aus dem Krankengut der Chirurgischen Klinik wurden 92 Fälle von Achillessehnenrupturen für die vorliegende Arbeit ausgewählt. Da nur Fälle mit Histologie berücksichtigt werden konnten, reduzierte sich die Zahl auf 50. Von diesen Patienten sandten aber wiederum nur 30 die beantworteten Fragebögen zurück. Für die Auswertung bestimmter Tabellen genühten jedoch die Angaben in den Krankenblättern, sodaß schließlich 50 Fälle herangezogen werden konnten.

Für eine repräsentative Aussage über die prozentuale Aufteilung der Unfälle nach Degeneration und Trauma genügt die kleine Anzahl der Fälle nicht, dazu müßte das Krankengut mehrerer Kliniken untersucht werden. Sie genügt aber, um insofern eine Aussage zu machen, daß eine traumatische Genese der Achillessehnenruptur möglich ist.

Wenn die Unfallmechanismen, wie anhand von Beispielen in Abb. 19 gezeigt, so ungünstig für die Achillessehne verlaufen, kann auch eine gesunde Sehne reißen. Dies läßt sich histologisch an den fehlenden Anzeichen für eine degenerative Schädigung nachweisen.

Der große Anteil der Präparate, die für nicht bestimmbar erklärt wurden, verdeutlicht die große Sorgfalt, mit der die Präparate untersucht wurden. Bei der geringsten Unsicherheit wurde ein Präparat in die Kategorie " unbestimmbar " eingereiht.

Vergleicht man die Ergebnisse der Versuche und Berechnungen an Leichensehnen mit den Untersuchungen der Unfallmechanismen und Histologien in vorliegender Arbeit, so kann die Theorie ausschließlich degenerativ bedingter Achillessehnenrupturen nicht mehr aufrecht erhalten werden. Es können Belastungssituationen entstehen, denen auch eine gesunde Sehne nicht standhalten kann.

L I T E R A T U R

1. Albrecht, P.: Über die subcutane Zerreißung der Achillessehne
Arch.Orth.Chir. 23 (1925) 359
2. Altmann, K.: Zur Frage der Bauart und der mechanischen Beanspruchung mikroskopischer Muskelsehnen
Zschr.Anat.Entw. 124 (1963) 57
3. Anzel, S.H.; K.H. Spontane Muskel und Sehnenrisse
Covey; S.D. Weiner; P.R. Lipscomb 1945 - 1954
Surgery 45 (1959) 262
4. Arneth Mschr. Unfallheilkunde (1953) 241
5. Baetzner, W.: Die Pathologie der Funktion
Zbl.Chir. 15 (1929) 1320
6. Bahr, G.F.: Über die Feinstruktur elastischer Fasern.
Zschr.Anat.Entw. 116 (1951) 134
7. Bahr, G.F.: Ergebnisse elektronenmikroskopischer Untersuchungen des kollagenen und elastischen Gewebes.
Arch.Derm.Syph. 195 (1952) 99
8. Bedacht, R.; Wilhelm, K.; Rueff, F.L.: Beitrag zur subcutanen, doppelseitigen Achillessehnenruptur
Fortschr.Med. 86 (1968) 1007
9. Bofinger, B.: Zum Problem der Entstehung der subcutanen Achillessehnenrupturen.
Mschr.Unfallheilk. 59 (1956) 50
10. Borsay, J.; J. Experimentelle Untersuchungen über
Czipak; G. Dettre Pathomechanismus der spontanen Sehnenrupturen.
Zschr.Orthop. 81 (1952) 552
11. Borsay, J.; J. Experimentelle Beiträge zur Frage
Czipak; G. Dettre der Tendolipoidose.
Zschr.Orthop. 81 (1952) 545

12. Brandt, H.: Achillessehnenrupturen. Ein Fall einer doppelseitigen, subcutanen, gleichzeitigen Achillessehnenruptur. Fortschr. Med. 88 (1970) 1
13. Dahmen, G.: Elektronenmikroskopische Beobachtungen bei degenerierten Sehnen. Arch.Orthop.Unfallchir. 54 (1962) 126
14. Frings, H.: Über subcutane Achillessehnenrupturen beim Frauensport. Zschr.Orthop. 99 (1965) 263
15. Grafe, H.: Aspekte zur Ätiologie der subcutanen Achillessehnenrupturen. Zbl.Chir. 94 (1969) 1073
16. Graffenried, P.v.; Die subcutane Achillessehnenruptur
V. Engeler
U. Heim
Helv.Chir.Act. 32 (1965) 5252
17. Hipp, E.: Rupturen der Muskeln und Sehnen. Med. Klin. 58 (1963) 1202
18. Höhling, H.J.; Sublichtmikroskopische Untersuchungen an gesunden und degenerierten Sehnen.
G. Dahmen:
Zschr.Orthop. 97 (1963) 339
19. Hohorst, L.: Achillessehnenriß und Unfall. Mschr.Unfallheilk. 70 (1967) 41
20. Karasev, S.: Period of the Immobilization of the Extremity and functional treatment in complete loss of integrity of the Achilles tendon. Klin.Khir. 10 (1969) 88
21. Karasev, S.: Complications and remote results of surgical treatment of Achilles tendon Injuries. Orthop.Traum.Protez. 30 (1969) 77

22. Könn, G.; H.J. Everth: Morphologie der spontanen Sehnenzerreiungen.
H.Unfallheilk. 91 (1967) 255
23. Könn, G.: Morphologie der spontanen Sehnenzerreiungen und ihre gutachtliche Beurteilung.
Unfallmed. Tagungen der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenossenschaften 9 (1970)
Hrsg.: Länderverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.
24. Lang, J.: Über die Blutgefäe der Sehnnenscheiden.
Act.Anat. 51 (1963) 273
25. Lang, J.; K. Viernstein: Degeneration, Ri und Regeneration der Achillessehne.
Zschr. Orthop. 101 (1966) 160
26. Lang, J.: Über die Entwicklung der Verschiebewebes der Sehnen.
Zschr.Zellf. 62 (1964) 102
27. Laux, G.: Les actions dynamiques des muscles et des ligaments sur l'architecture des os.
Ann.d'Anat.Pathol. 4 (1930) 1
28. Leonhardt: Histologie und Zytologie des Menschen
Thieme 1971 3. Aufl.
29. Mollier, G.: Beziehungen zwischen Form und Funktion der Sehnen im Muskel - Sehnenknochen - System
Morph.Jb. 79 (1937) 161
30. Nauck, E. Th.: Die Wellung der Sehnenfasern, ihre Ursache und ihre funktionelle Bedeutung
Morph.Jb. 68 (1931) 79

31. Paré, A.: Zitat nach Sandführ.
32. Philadelphy, G.; J. Lugger; Wykypiel: Die Achillessehnenruptur als typische Skisportverletzung. Mschr.Unfallheilk. 74 (1971) 121
33. Pschyrembel, W.: Klinisches Wörterbuch (de Gruyter)
34. Quénu, J.; S. Stoianovitch: Les ruptures du tendon d'Achilles Rev.Chir. 67 (1929) 647
35. Rollhäuser, H.: Untersuchungen über den mikroskopischen Bau kollagener Fasern. Morph.Jb. 51 (1952) 1
36. Rollhäuser, H.: Funktionelle Anpassung der Sehnenfasern im submikroskopischen Bereich Verh.Anat.Ges. 51 (1954) 318
37. Rollhäuser, H.: Die Festigkeit menschlicher Sehnen nach Quellung und Trocknung in Abhängigkeit vom Lebensalter. Morph.Jb. 90 (1952) 180
38. Rollhäuser, H.; G. Wendt: Zur inneren Mechanik des hypertrophierten Muskels. Morph. Jb. 95 (1955) 151
39. Rollhäuser, H.: Der Einfluß der funktionellen Beanspruchung auf die Feinstruktur der Sehne. Morph. Jb. 93 (1953) 153
40. Rollhäuser, H.: Konstitutions- und Altersunterschiede in Festigkeit kollagener Fasern. Morph.Jb. 90 (1950) 157
41. Sandführ, H.: Über die Rupturen der Achillessehne Zbl.Chir. 81 (1956) 805
42. Schauwecker, F.; S. Weller; B. Lenz: Zur Pathogenese des Achillessehnenrisses. Dt.Med.Wschr. 92 (1967) 1758
43. Schönbauer, H.R.: Operationstechnik bei Abrissen der Achillessehne. Med.Klin. 18 (1963) 256

44. Schönbauer, H.R.: Beidseitige Achillessehnenrisse.
Münchn.Med.wscr. 102 (1960) 723
45. Schönbauer, H.R.: Gibt es unvollständige Risse der
Achillessehne?
Zbl.Chir. 80 (1955) 471
46. Schönbauer, H.R.: Fersenbeinbrüche der Gruppe I nach
Böhler.
Zschr.Orthop. 90 (1958) 207
47. Schönbauer, H.R.: Gedeckte Achillessehnenrisse.
Wiederherst.Chir.Traum. 8 (1964) 160
48. Schönbauer, H.R.: Abriß der Achillessehne von ihren
Ansatz
Zbl.Chir. 77 (1952). 270
49. Schönbauer, H.R.: Beidseitiger, nicht gleichzeitiger
Abriß der Achillessehne
Zbl.Chir. 77 (1952) 446
50. Schönbauer, H.R.: Über eine unvollständige Ruptur
der Achillessehne
Zbl.Chir. 80 (1955) 1907
51. Schönbauer, H.R.: Subcutane Achillessehnenrisse
Chir.Prax. 7 (1960) 77
52. Stampfel, O;
H. Tscherne: Zum Achillessehnenabriß.
Zbl.Chir. 94 (1969) 1691
53. Stucke, K.: Funktionelle und organische Störungen
im Bereich der Ferse und Achillessehne
in: der Fersenschmerz
Stuttgart: Thieme 1956
54. Stucke, K.: Sehnenbelastung und -ruptur im
Tierversuch
Chirurg 22 (1951) 16
55. Stucke, K.: Zur Pathologie und Klinik der Achilles-
sehnenrupturen
Verh.Dt.Orthop.Ges. 48 (1960) 74
56. Stucke, K.: Über das elastische Verhalten der
Achillessehne im Belastungsversuch
Langenb.Arch.Klin.Chir. 165 (1956) 579

57. Stucke, K.: Der Fersenschmerz
Stuttgart: Thieme 1956
58. Treptow, H.R.: Die Achillessehnenverletzung
Mschr.Unfallheilk. 73 (1970) 185
59. Viernstein, K.; Achillessehnenrupturen
H. Galli: Wiederherst.Chir.Traum. 8 (1964) 701
60. Viernstein, K.: Über Ursachen und Behandlung der
Achillessehnen-risse
Münchn.Med.Wschr. 105 (1963) 1073
61. Viernstein, K.: Über die klinische Bedeutung der
Achillessehne
Anat.Sem. München 14 (1961) 83
62. Westermann, H.H.: Die subcutanen Achillessehnenrisse
in ihrer Bedeutung für die private
Unfallversicherung.
Zbl.Chir. 87 (1962) 1424
63. Wilhelm, K.: Die subcutane traumatische Achilles-
sehnenruptur
Münchn.Med.Wschr. 7 (1969) 386
64. Wilhelm, K.: Die Maximale statische und dynamische
Belastbarkeit der Achillessehne beim
Menschen im Experiment
Habilitationsschrift 1972 München
65. Wilhelm, K.; R. Die Behandlung der Achillessehnen-
Bedacht; F.L. ruptur
Rueff: Münchn.Med.Wschr. 7 (1969) 386
66. Wilhelm, K; E.R. Eine neue Versuchsanordnung zur Be -
Steger; G.Ph. lastbarkeitsprüfung von Achillessehnen
Schmidt: Exp.Chir.
67. Wilhelm, K.: Die Statische und Dynamische Belast-
barkeit der Achillessehne.
Res.Exp.Med. 157 (1972) 221
68. Wille, E.: Experimentelle Versuche über die Reiß-
festigkeit der menschlichen Achilles-
sehne am Knochen - Sehnen-
Muskel - Präparat
München: Med. Diss. 1965

Herrn Prof. Dr. Heberer als Direktor der Chirurgischen Klinik der Universität München möchte ich für die Arbeitsbedingungen an der Klinik danken.

Besonders herzlich bedanke ich mich bei Privatdozent Dr. Wilhelm für die Überlassung des Themas und die stetige Unterstützung während meiner Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Meister spreche ich meinen Dank aus, ohne dessen wissenschaftlichen Rat bei der Auswertung der histologischen Präparate diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Lebenslauf

Ich, Michael Sebastian Krammel, wurde am 2.6. 1949 als Sohn des Fabrikarbeiters Sebastian Krammel und seiner Ehegattin Katharina Krammel, geborene Naderer, in Freising geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule Freising-Neustift von 1955 - 1959 trat ich in das Josef - Hofmiller- Gymnasium in Freising ein und legte 1969 das Abitur ab.

Nach zwei Jahren anschließender Bundeswehrzeit in Roth und Freising, begann ich im Wintersemester 1971/72 mit dem Studium der Biologie an der Ludwig - Maximilians - Universität München, wechselte dann nach Erhalt der Zulassung im Wintersemester 1972/73 zum Studium der Zahnmedizin über.

Nach dem Physikum, das ich im Herbst 1974 absolvierte, werde ich voraussichtlich im Herbst 1977 das Staatsexamen ablegen.

